

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年10 月28 日 (28.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/092859 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G05D 3/12
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/004642
- (22) 国際出願日: 2003 年4 月11 日 (11.04.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).

京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 高橋 和孝 (TAKAHASHI, Kazutaka) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 磯田 隆司 (ISODA, Takashi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 宮田 金雄, 外 (MIYATA, Kaneo et al.); 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, DE, GB, JP, US.

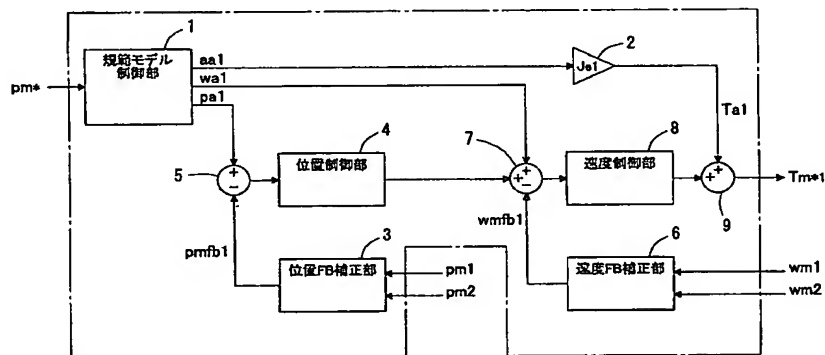
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 寺田 啓 (TERADA, Kei) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 長野 鉄明 (NAGANO, Tetsuaki) [JP/JP]; 〒100-8310 東

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: SERVO CONTROLLER

(54) 発明の名称: サーボ制御器



- 1... STANDARD MODEL CONTROL SECTION  
3... POSITIONAL FB CORRECTING SECTION  
4... POSITIONAL CONTROL SECTION  
6... SPEED FB CORRECTING SECTION  
8... SPEED CONTROL SECTION

(57) Abstract: A servo controller comprising a positional feedback correcting section (3) for operating a first axial position feedback signal pmfb1 from a first axial position pm1 as its own axial position and a second axial position pm2 as another axial position, a positional control section (4) performing positional control by receiving the difference between a model position pa1 and the first axial position feedback signal pmfb1 and delivering a speed command, a speed feedback correcting section (6) for operating a first axial speed feedback signal wmfb1 from a first axial speed wm1 as its own axial speed and a second axial speed wm2 as another axial speed, and a speed control section (8) for adding a model speed wa1 and the speed command outputted from the positional control section (4), subtracting the first axial speed feedback signal wmfb1 and outputting a feedback torque command Tfbl based on a corrected speed command.

[続葉有]



(57) 要約: この発明のサーボ制御器において、位置フィードバック補正部 3 は、自軸位置としての第 1 軸位置  $pm1$  と他軸位置としての第 2 軸位置  $pm2$  とから第 1 軸位置フィードバック信号  $pmfb1$  を演算し、位置制御部 4 は、モデル位置  $pal$  と第 1 軸位置フィードバック信号  $pmfb1$  との偏差を減算器 5 から入力して、位置制御を行い、速度指令を出力する。速度フィードバック補正部 6 は、自軸速度としての第 1 軸速度  $wm1$  と他軸速度としての第 2 軸速度  $wm2$  とから第 1 軸速度フィードバック信号  $wmfb1$  を演算し、速度制御部 8 は、モデル速度  $wal$  と位置制御部 5 から出力される速度指令とを加算し、第 1 軸速度フィードバック信号  $wmfb1$  を減算して、補正した速度指令を基にフィードバックのトルク指令  $Tfb1$  を出力する。

## 明 細 書

## サーボ制御器

## 5 技術分野

この発明は、負荷としての電動機を位置制御するサーボ制御器に係り、特に複数軸駆動機械の同期制御に適用されるサーボ制御器に関する。

## 背景技術

- 10 移動台を並列に並べた2つのボールネジで支え、この2つのボールネジの各々に接続した2つのサーボモータを同期制御することによって移動台を駆動する2軸駆動機械がある。2軸駆動機械における移動台は、一般に可動する上位構造物を搭載しており、上位構造物の位置およびこの上位構造物で保持する負荷などによって移動台の重心が変化する。

15

また、工作機械におけるテーブルや電動式産業用ロボットのアームのような負荷機械を駆動する電動機（直流電動機、誘導電動機、同期電動機など）の位置制御装置に関するものとして、特許文献1（特開平6-30578号公報）に開示された電動機の位置制御装置がある。

- 20 特許文献1は、高速応答性を有するとともに、機械振動を生じず、かつ負荷機械の慣性モーメントが変化しても常に一定の応答周波数を有する電動機の位置制御装置を得ることを目的としたもので、

- 特許文献1における電動機の位置制御装置においては、第1の位置制御回路によって第1の速度信号を得るとともに、機械系模擬回路を制御対象とする第2の位置制御回路によって第2の速度信号を得る。また、第1および第2の速度信号を加算して第3の速度信号を得、第3の速度信
- 25

号を入力された第1の速度制御回路によって第1のトルク信号を得る。  
同様にして、第2および第3の速度制御回路から第2および第3のトルク信号を得、第1～第3のトルク信号を加算した最終トルク信号に追従するように電動機の発生トルクを制御する（第5頁右欄の第23行目～  
5 第36行目）。

特許文献1における電動機の位置制御装置においては、第2の位置制御回路、第2の速度制御回路および機械系模擬回路を付加することにより、回転角指令信号の変化に対する位置制御の応答性を改善できる効果がある。また、第3の速度制御回路を付加することにより、負荷トルク  
10 の変化に対しても位置制御の応答性を改善できる効果がある。

また、門型等の可動構造物を備えた工作機械等において、その両側の脚部を同期位置決めする制御方式に関し、外乱による非対称性を生じない同期位置制御方式を得ることを目的としたものとして、特許文献2（特  
15 開昭62-226206号公報）に開示された同期位置制御方式がある。

特許文献2は、可動構造物の両側に、位置指令値に基づき各側を移動させる位置制御系をそれぞれ設け、この両位置制御系で可動構造物の両側を同期位置決めする方式において、可動構造物の両側の移動位置の差分を求め、この差分に補償要素を作用させて補償値を求め、この補償値  
20 を各位置制御系にそれぞれフィードバックすることにより、外乱による非対称性の問題を解消するようにしたものである（第2頁左下欄の第3行目～第10行目）。

上記特許文献1における電動機の位置制御装置を、2軸駆動機械の制  
25 御に適用した時、2軸の負荷イナーシャがバランスしている場合は、第1軸と第2軸が同一の動作を行うので適切な駆動を行うことができる。

しかし、2軸の負荷イナーシャにアンバランスがある場合は、第1軸と第2軸の動作が一致しないので、第1軸の実位置と第2軸の実位置との間に偏差（軸間位置偏差）を生じ、この軸間位置偏差は移動台の位置決め精度を悪化させるとともに、機械に応力を発生させるため、機械の寿命を劣化させ、最悪の場合には機械の損傷を引き起こすという問題点があった。

したがって、上記特許文献1における電動機の位置制御装置は、大きな負荷アンバランスが存在するような2軸駆動機械の制御には適用できないという問題点があった。

10

また、上記特許文献2における同期位置制御方式は、2つの位置制御系の位置の差分（軸間位置偏差）を2つの位置指令値にフィードバックし、非対称性を解消するようにしたものであり、2軸駆動機械の制御に適用した時、ある程度の軸間位置偏差の抑制を行うことができるが、大きな軸間位置偏差を抑制するためには、位置指令補正部の応答（ここでは係数H1）を極めて大きく設定する必要がある。この位置指令補正部の応答を極めて大きく設定した場合には、高剛性の機械であれば問題はないが、剛性の低い機械では機械の発振を引き起こすなど不安定になることがあるという問題点があった。

また、ゲインを高く設定すると、位置検出誤差等が存在した場合に発生する軸間の喧嘩現象を助長することがある。軸間の喧嘩現象が発生すると、軸間で引っ張り合うトルクによりモータが発熱し高速・高精度制御の妨げとなり、最悪の場合には軸間の引っ張り合いによって機械が破損することもあるという問題点があった。

したがって、上記特許文献2における同期位置制御方式を低剛性な機械や位置検出誤差が存在するような機械には適用できないという問題点

があった。

- この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、低剛性な機械や位置検出誤差が存在するような2軸駆動機械に適用できる
- 5    サーボ制御器を得ることを目的とするものである。

#### 発明の開示

- この発明のサーボ制御器は、自軸位置と他軸位置とを基に、位置フィードバック信号を補正する位置フィードバック補正部と、前記位置フィードバック補正部から出力される補正位置フィードバック信号から位置
- 10    制御を行い、速度指令を出力する位置制御部と、自軸速度と他軸速度とを基に、速度フィードバック信号を補正する速度フィードバック補正部と、前記位置制御部から出力された速度指令と前記速度フィードバック補正部から出力された補正速度フィードバック信号とを基に、フィード
- 15    バックのトルク指令を出力する速度制御部と、を備えたので、軸間位置偏差のフィードバックと軸間速度偏差のフィードバックを同時に行うことにより、軸間位置偏差の大幅な抑制効果が得られる。

- また、位置フィードバック補正部において、自軸位置と他軸位置との差である軸間位置偏差にフィルタとゲインとをかけた値を使用して位置
- 20    フィードバック信号を補正するようにしたので、軸間位置偏差の低周波成分のみをフィードバックすれば高周波成分による振動を励起せずに軸間位置偏差の抑制効果を得ることができる。

- 25    さらに、位置フィードバック補正部において、自軸位置と他軸位置との差である軸間位置偏差にかけるゲインを可変にしたので、

ゲインを切り替えることによりマスタースレーブ制御に切り替えることができ、ソフトウェア負荷を増やすことなく多用途に利用することが可能となる。

- 5      また、速度フィードバック補正部において、自軸速度と他軸速度との差である軸間速度偏差にフィルタとゲインとをかけた値を使用して速度フィードバック信号を補正するようにしたので、  
軸間速度偏差の低周波成分のみをフィードバックすれば高周波成分による振動を励起せずに軸間位置偏差の抑制効果を得ることができる。

10

さらに、速度フィードバック補正部において、自軸速度と他軸速度との差である軸間速度偏差にかけるゲインを可変にしたので、  
ゲインを切り替えることによりマスタースレーブ制御に切り替えることができ、ソフトウェア負荷を増やすことなく多用途に利用することが可能となる。

15

- また、この発明のサーボ制御器は、位置指令を基に、モデル位置、モデル加速度を演算する規範モデル制御部と、このモデル位置と自軸位置との差分から位置制御を行い、速度指令を出力する位置制御部と、この  
20    位置制御部から出力された速度指令と自軸速度とを基に、フィードバックのトルク指令を出力する速度制御部と、前記モデル加速度を自軸位置と他軸位置とにより補正してモデルトルクを演算するモデルトルク演算部と、このモデルトルクと前記フィードバックのトルク指令とを基に、  
トルク指令を演算する加算器と、を備えたので、  
25    モデルトルク補正部によって軸間位置偏差の補正を行うことにより、フィードフォワード成分による補正ができ、ゲインを上げてても不安定にな

りにくいため、軸間位置偏差の大幅な抑制効果が得られる。

さらに、規範モデル制御部を、位置指令を基に、モデル位置、モデル速度、モデル加速度を演算するように構成するとともに、速度制御部を、  
5 前記位置制御部から出力された速度指令と前記モデル速度と自軸速度とを基に、フィードバックのトルク指令を出力するようにしたので、高加減速指令の用途に対応できる。

また、モデルトルク補正部において、時刻または速度指令波形に応じて補正動作の開始／停止または補正ゲインの変更を行うようにしたので、  
10 大きな軸間位置偏差が発生する時に高ゲインとし、残りの期間は低ゲインもしくは補正停止とすることにより、ノイズや外乱の影響を抑え、モデルトルク補正の精度を向上させることが可能となり、軸間位置偏差の抑制性能が向上する。

15

さらに、モデルトルク補正部において、入力されるモデル加速度にハイパスフィルタを通した値の符号を利用して極性を反転させるようにしたので、  
条件によって軸間位置偏差の符号が変化する場合にも適切に補正を行う  
20 ことができ、軸間位置偏差の抑制性能の向上が得られる。

また、この発明のサーボ制御器は、位置指令を基に、モデル位置、モデル加速度を演算する規範モデル制御部と、自軸位置と他軸位置とを基に、位置フィードバック信号を補正する位置フィードバック補正部と、  
25 前記モデル位置と前記位置フィードバック補正部から出力される補正位置フィードバック信号との差分から位置制御を行い、速度指令を出力す



- る位置制御部と、自軸速度と他軸速度とを基に、速度フィードバック信号を補正する速度フィードバック補正部と、前記位置制御部から出力された速度指令と前記速度フィードバック補正部から出力された補正速度フィードバック信号とを基に、フィードバックのトルク指令を出力する
- 5 速度制御部と、前記モデル加速度を、他軸モデル加速度ならびに自軸位置と他軸位置とにより補正してモデルトルクを演算するモデルトルク演算部と、このモデルトルクと前記フィードバックのトルク指令とを基に、トルク指令を演算する加算器と、を備えたので、
- モデルトルク補正部によって軸間位置偏差の補正を行うことにより、完
- 10 全なフィードフォワード成分による補正ができ、不安定を引き起こす心配がなく軸間位置偏差の抑制効果が得られる。

- さらに、規範モデル制御部を、位置指令を基に、モデル位置、モデル速度、モデル加速度を演算するように構成するとともに、速度制御部を、
- 15 前記位置制御部から出力された速度指令と前記モデル速度と前記速度フィードバック補正部から出力された補正速度フィードバック信号とを基に、フィードバックのトルク指令を出力するようにしたので、高加減速指令の用途に対応できる。

## 20 図面の簡単な説明

第1図は2軸駆動機械の構成を示す図である。

第2図はこの発明の実施の形態1に係る2軸駆動機械に使用されるサーボ制御器の構成を示す図である。

- 第3図はサーボ制御器における規範モデル制御部1の構成を示す図である。
- 25

第4図はサーボ制御器における規範モデル制御部1の他の構成を示す

図である。

第 5 図はこの発明の実施の形態 1 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a における位置フィードバック補正部 3 の構成を示す図である。

第 6 図はこの発明の実施の形態 1 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a における速度フィードバック補正部 6 の構成を示す図である。

第 7 図はこの発明の実施の形態 1 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a における位置フィードバック補正部 3 の構成を示す図である。

第 8 図はこの発明の実施の形態 1 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a における位置フィードバック補正部 3 のゲイン切替えの例を説明する図である。

第 9 図はこの発明の実施の形態 1 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a における速度フィードバック補正部 6 の構成を示す図である。

第 1 0 図はこの発明の実施の形態 2 に係る 2 軸駆動機械に使用されるサーボ制御器の構成を示す図である。

第 1 1 図はこの発明の実施の形態 2 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a におけるモデルトルク補正部 3 2 a の構成を示す図である。

第 1 2 図はこの発明の実施の形態 2 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a のモデルトルク補正部 3 2 a において、P I 補正器 4 6 で、P I 補正に使用する比例ゲイン  $G_{jp}$  および積分ゲイン  $G_{ji}$  におけるゲイン切替えの例を説明する図である。

第 1 3 図はこの発明の実施の形態 2 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a のモデルトルク補正部 3 2 a において、P I 補正器 4 6 で、P I 補正に使用する比例ゲイン  $G_{jp}$  および積分ゲイン  $G_{ji}$  におけるゲイン切替えの例を説明する図である。

第 1 4 図はこの発明の実施の形態 2 に係る第 1 軸サーボ制御器 1 0 2 a のモデルトルク補正部 3 2 a において、P I 補正器 4 6 で、P I 補正

に使用する比例ゲイン  $G_{jp}$  および積分ゲイン  $G_{ji}$  におけるゲイン切替えの例を説明する図である。

第 15 図はこの発明の実施の形態 3 に係る 2 軸駆動機械に使用されるサーボ制御器の構成を示す図である。

5 第 16 図はこの発明の実施の形態 3 に係る第 1 軸サーボ制御器 102 a におけるモデルトルク補正部 32 b の構成を示す図である。

第 17 図はこの発明の実施の形態 4 に係る 2 軸駆動機械に使用される第 1 軸サーボ制御器の構成示す図である。

10 第 18 図はこの発明の実施の形態 4 に係る第 1 軸サーボ制御器 102 a におけるモデルトルク補正部 32 c の構成を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

実施の形態 1.

第 1 図により、2 軸駆動機械の構成および動作について説明する。

15 位置指令出力装置 101 は、位置指令  $pm^*$  を第 1 軸サーボ制御器 102 a および第 2 軸サーボ制御器 102 b に出力する。

第 1 軸サーボ制御器 102 a は、位置指令出力装置 101 から出力された位置指令  $pm^*$  と第 1 軸実位置  $pm1$  とに基づき、トルク指令  $Tm^*1$  を第 1 軸トルク制御手段 103 a に出力する。第 1 軸トルク制御手段 103 a はトルク指令  $Tm^*1$  に応じて第 1 軸サーボモータ 104 a を制御する。

第 2 軸サーボ制御器 102 b は、位置指令出力装置 101 から出力された位置指令  $pm^*$  と第 2 軸実位置  $pm2$  とに基づき、トルク指令  $Tm^*2$  を第 2 軸トルク制御手段 103 b に出力する。第 2 軸トルク制御手段 103 b はトルク指令  $Tm^*2$  に応じて第 2 軸サーボモータ 104 b を制御する。

25 第 1 軸サーボモータ 104 a、第 2 軸サーボモータ 104 b は各々第 1 軸ボールネジ 105 a、第 2 軸ボールネジ 105 b に連結されており、

両軸を駆動することによって移動台 106 を移動させる。2 軸駆動機械における移動台 106 は、上位構造物 107 を搭載しており、上位構造物 107 の位置などによって移動台 106 の重心が変化する。

また、L は軸間（第 1 軸ボールネジ 105a、第 2 軸ボールネジ 105b 間）の距離、x は軸間の中心位置から上位構造物 107 の中心位置までの距離である。

また、両軸のサーボ制御器間では、互いの実位置情報や実速度情報を交換できる構成となっている。

また、第 1 軸サーボ制御器 102a および第 2 軸サーボ制御器 102b の制御は同様のものであり、以下第 1 軸サーボ制御器 102a を例にサーボ制御器の制御について説明する。

次に、第 2 図により実施の形態 1 に係るサーボ制御器の構成および処理について、第 1 軸サーボ制御器 102a を例に説明する。

15 規範モデル制御部 1 は、位置指令出力装置 101（図示せず）から出力された位置指令  $pm^*$  を入力し、モデル位置  $pa1$ 、モデル速度  $wa1$  およびモデル加速度  $aa1$  を演算して、出力する。

モデルトルク演算部 2 は、モデル加速度  $aa1$  に第 1 軸のイナーシャ設定値  $Je1$  をかけてモデルトルク  $Ta1$  を出力する。

20 位置フィードバック補正部 3 は、自軸位置としての第 1 軸位置  $pm1$  と他軸位置としての第 2 軸位置  $pm2$  とから第 1 軸位置フィードバック信号  $pmfb1$  を出力する。位置制御部 4 は、モデル位置  $pa1$  と第 1 軸位置フィードバック信号  $pmfb1$  との偏差を減算器 5 から入力して、位置制御を行い、速度指令を出力する。

25 速度フィードバック補正部 6 は、自軸速度としての第 1 軸速度  $wm1$  と他軸速度としての第 2 軸速度  $wm2$  とから第 1 軸速度フィードバック信号

5  $w_{mfb1}$  を出力する。演算器 7 は、モデル速度  $w_{a1}$  と位置制御部 5 から出力される速度指令とを加算し、第 1 軸速度フィードバック信号  $w_{mfb1}$  を減算して、補正した速度指令を出力する。速度制御部 8 は、演算器 7 から出力された速度指令を基にフィードバックのトルク指令  $T_{fb1}$  を出力する。

加算器 9 は、フィードバックのトルク指令  $T_{fb1}$  とモデルトルク演算部 2 から出力されるモデルトルク  $T_{a1}$  とを加算して、第 1 軸のトルク指令  $T_{m*1}$  として出力する。

10 実施の形態 1 に係るサーボ制御器においては、互いの実位置情報や実速度情報を交換する構成としたものである。第 2 図では、第 1 軸サーボ制御器 102a において、第 2 軸位置  $p_{m2}$  および第 2 軸速度  $w_{m2}$  を使用する例を示した。

15 次に、第 3 図により規範モデル制御部 1 の構成および処理について説明する。規範モデル制御部 1 は、位置指令より機械の理想動作を模擬するモデル位置  $p_a$ 、モデル速度  $w_a$ 、モデル加速度  $a_a$  を出力するものである。

20 モデル位置制御部 110 は、位置指令出力装置 101（図示せず）から出力された位置指令  $p_{m*}$  と機械系模擬部 112 から出力されるモデル位置  $p_a$  との差分を入力してモデル速度指令を生成し、モデル速度制御部 111 に出力する。モデル速度制御部 111 は、モデル速度指令とモデル速度  $w_a$  の差分を入力してモデル加速度  $a_a$  を生成し、機械系模擬部 112 に出力する。機械系模擬部 112 は、モデル加速度  $a_a$  を入力して  
25 モデル速度  $w_a$ 、モデル位置  $p_a$  を演算する。

また、第4図により規範モデル制御部1の他の構成例および処理について説明する。

位置指令出力装置101（図示せず）から出力された位置指令  $p_m^*$  とモデル位置  $p_a$  とするとともに、速度フィードフォワード演算部113は  
5 位置指令  $p_m^*$  を入力し、モデル速度  $w_a$  を演算し、出力する。加速度フィードフォワード演算部114はモデル速度  $w_a$  を入力し、モデル加速度  $a_a$  を演算し、出力する。

速度フィードフォワード演算部113および加速度フィードフォワード演算部114は、一般には微分器やハイパスフィルタによって構成される。  
10

次に、第5図により第1軸サーボ制御器102aにおける位置フィードバック補正部3の構成および処理について説明する。

減算器11で、第1軸実位置  $p_{m1}$  と第2軸実位置  $p_{m2}$  との偏差（＝軸間位置偏差）を算出し、フィルタ12を通した値に、係数器13で係数  $G_{p2}$  をかける。また、係数器14で第1軸実位置  $p_{m1}$  に係数  $G_{p1}$  をかけた値と係数器13で係数  $G_{p2}$  をかけた値とを、加算器15で加算して、第1軸位置フィードバック信号  $p_{mfb1}$  を算出する。  
15

第1軸位置フィードバック信号  $p_{mfb1}$  は、位置指令  $p_{a1}$  との差分を取って、位置制御に利用される。  
20

軸間位置偏差を入力するフィルタ12を、ローパスフィルタとすることにより、高周波成分の通過を防ぐことができ、上記特許文献2と比較して振動を励起しにくくなるので、よりゲインを上げることができ軸間位置偏差抑制性能を向上させることが可能となる。

次に、第6図により第1軸サーボ制御器102aにおける速度フィー

ドバック補正部 6 の構成および処理について説明する。

減算器 2 1 で、第 1 軸実速度  $wm1$  と第 2 軸実速度  $wm2$  との偏差 (= 軸間速度偏差) を算出し、フィルタ 2 2 をかけた値に、係数器 2 3 で係数  $Gw2$  をかける。また、第 1 軸実速度  $wm1$  に係数器 2 4 で係数  $Gw1$  をかけた値と係数器 2 3 で係数  $Gw2$  をかけた値とを、加算器 2 5 で加算して、第 1 軸速度フィードバック信号  $wmfb1$  を算出する。

第 1 軸速度フィードバック信号  $wmfb1$  は、速度指令  $wa1$  との差分を取って、速度制御に利用される。

軸間速度偏差を入力するフィルタ 2 2 を、ローパスフィルタとすることにより、高周波成分の通過を防ぐことができ、上記特許文献 2 と比較して振動を励起しにくくなるので、よりゲインを上げることができ軸間速度偏差抑制性能を向上させることが可能となる。

次に、第 7 図により位置フィードバック補正部 3 の他の構成例および処理について説明する。第 7 図に示した係数器 1 3 の係数  $Gp2$  と係数器 1 4 の係数  $Gp1$  を  $Gp1 = -Gp2 > 0$  となるように設定すると、位置フィードバック補正部は第 5 図とほぼ等価な構成となる。

第 1 軸実位置  $pm1$  をハイパスフィルタ 1 6 を通した値と、第 2 軸実位置  $pm2$  をローパスフィルタ 1 7 を通した値とを、加算器 1 8 で加算し、第 1 軸位置フィードバック信号  $pmfb1$  を出力する。

第 7 図の構成においては、高周波成分は自軸 (第 1 軸) の実位置をフィードバックし、低周波成分は相手軸 (第 2 軸) の実位置をフィードバックすることになる。その結果、この軸は相手軸位置に従って位置決めを行うマスタースレーブに近い形となるため、位置検出誤差があった場合でも軸間の喧嘩現象を発生させることがない。

## 1.4

位置フィードバック補正部 3 における係数器 1 3 の係数  $Gp2$  および係数器 1 4 の係数  $Gp1$  の切替え例を、第 8 図により説明する。第 8 図 (a) は速度指令の変化を示す図、第 8 図 (b) は係数器 1 4 の係数  $Gp1$  の変化を示す図、第 8 図 (c) は係数器 1 3 の係数  $Gp2$  の変化を示す図である。

- 速度指令発生中は軸間位置偏差が発生するため、第 8 図 (c) に示すように係数器 1 3 の係数  $Gp2 > 0$  によって軸間位置偏差の抑制を行い、停止間隙および停止後に係数  $Gp2 = -Gp1 = -1$  とし、マスタースレーブ制御に切替えて軸間の喧嘩を防ぐ。
- 10 係数器 1 3、1 4 の係数の値を可変にすることにより、容易に制御器の構成を切り替えることができ、軸間位置偏差を抑制しつつ軸間の喧嘩を防ぐことができる。

- 次に、第 9 図により速度フィードバック補正部 6 の他の構成例および
- 15 処理について説明する。第 6 図に示した係数器 2 3 の係数  $Gw2$  と係数器 2 4 の係数  $Gw1$  を  $Gw1 = -Gw2 > 0$  となるように設定すると、速度フィードバック補正部は第 9 図とほぼ等価な構成となる。

- 第 1 軸実速度  $wm1$  をハイパスフィルタ 2 6 を通した値と、第 2 軸実速度  $wm2$  をローパスフィルタ 2 7 を通した値とを、加算器 2 8 で加算し、
- 20 第 1 軸速度フィードバック信号  $wmfb1$  を出力する。

- 第 9 図の構成においては、高周波成分は自軸（第 1 軸）の実速度をフィードバックし、低周波成分は相手軸（第 2 軸）の実速度をフィードバックすることになる。その結果、この軸は相手軸速度に従って速度決めを行うマスタースレーブに近い形となるため、速度検出誤差が有った場合でも軸間の喧嘩現象を発生させることがない。
- 25



実施の形態 1 に係るサーボ制御器は位置偏差と速度偏差の両方に対して補正を行うようにしたので、2 軸駆動機械の制御に適用した場合は、上記特許文献 2 よりも低いゲインで同程度の効果が得られるので、より安定に機械の軸間位置偏差抑制を行うことができる。

- 5      また軸間位置偏差の高周波成分の通過を防ぐように構成しているため、上記特許文献 2 に比較して振動を励起にしにくくなり、より低剛性な機械に適用することも可能となる。

- 10      また簡単にマスタースレーブ制御に切り替えることができ、軸間の喧嘩を防ぐことができ、位置検出誤差のある機械にも適用することが可能となる。

- 15      実施の形態 1 に係るサーボ制御器は、従来の位置フィードバックおよび速度フィードバックを行っていた部分に、位置フィードバック補正部、速度フィードバック補正部を付け加えるだけでよいので、従来のサーボ制御器から容易に置き換えることが可能である。また、1 つの構成で多種の制御構造に切り替えることができるためソフトウェア負荷の低減にも繋がる。

- 20      ところで、上記実施の形態 1 においては、位置指令を基に、モデル位置、モデル速度、モデル加速度を演算する規範モデル制御部を使用した構成とし、位置制御部はモデル位置と位置フィードバック補正部から出力される補正位置フィードバック信号との差分から位置制御を行って、速度指令を出力し、また速度制御部は位置制御部から出力された速度指令とモデル速度と補正速度フィードバック信号とを基に、フィードバックのトルク指令を出力する例を説明したが、必ずしも規範モデル制御部  
25      を使用しなくともよい。ただし、指令パルスが粗いとか位置指令が急変するような場合には、規範モデル制御部を使用することにより、目標値

応答が改善される。

実施の形態 2.

第 10 図により、実施の形態 2 に係るサーボ制御器の構成および処理  
5 について、第 1 軸サーボ制御器 102a を例に説明する。

規範モデル制御部 31 は、位置指令出力装置 101（図示せず）から  
出力された位置指令  $pm^*$  を入力し、モデル位置  $pa1$ 、モデル速度  $wa1$  およ  
びモデル加速度  $aa1$  を演算して出力する。

モデルトルク補正部 32a は、モデル加速度  $aa1$  と自軸位置としての  
10 第 1 軸実位置  $pm1$  と他軸位置としての第 2 軸実位置  $pm2$  とからモデル  
トルク  $Ta1$  を出力する。

位置制御部 34 は、モデル位置  $pa1$  と自軸位置としての第 1 軸実位置  
 $pm1$  との偏差を減算器 35 から入力して、位置制御を行い、速度指令を  
出力する。

15 演算器 37 は、モデル速度  $wa1$  と位置制御部 35 から出力される速度  
指令とを加算し、自軸速度としての第 1 軸実速度  $wm1$  を減算して、補正  
した速度指令を出力する。

速度制御部 38 は、演算器 37 から出力された速度指令を基にフィー  
ドバックのトルク指令  $Tfb1$  を出力する。

20 加算器 39 は、フィードバックのトルク指令  $Tfb1$  とモデルトルク補正  
部 32a から出力されるモデルトルク  $Ta1$  とを加算して、第 1 軸のトル  
ク指令  $Tm^*1$  として出力する。

実施の形態 2 に係る第 1 軸サーボ制御器は、実施の形態 1 に係る第 1  
軸サーボ制御器におけるモデルトルク演算部 2 をモデルトルク補正部 3  
25 2a に置き換えた構成である。

実施の形態2に係るサーボ制御器においては、互いの実位置情報を交換する構成としたものである。第10図では、第1軸サーボ制御器102aにおいて、第2軸位置 $pm2$ を使用する例を示した。

- 5 次に、第11図によりモデルトルク補正部32aの構成および処理について説明する。

規範モデル制御部1（図示せず）から出力されたモデル加速度 $aa1$ にハイパスフィルタ41をかけた後、符号検出器42においてモデル加速度の符号を検出する。

- 10 減算器43で求めた第1軸実位置 $pm1$ と第2軸実位置 $pm2$ との偏差をハイパスフィルタ44を通した値に、乗算器45で符号検出器42で求めたモデル加速度の符号をかけて、PI補正器46に出力する。

PI補正器46で、比例ゲイン $G_{jp}$ および積分ゲイン $G_{ji}$ を用いてPI補正を行い、イナーシャ補正值 $\Delta Je1$ を出力する。

- 15 減算器47で、ノミナルな係数器48で設定しているモデルイナーシャ値 $Je1$ よりイナーシャ補正值 $\Delta Je1$ を減算する。

乗算器49で、規範モデル制御部31（図示せず）から出力されたモデル加速度 $aa1$ に、減算器47で求めた値をかけて、補正されたモデルトルク $Ta1$ を得る。

20

実施の形態2に係る第1軸サーボ制御器102aにおけるモデルトルク補正部32aにおいては、ノミナルな係数器48で設定しているモデルイナーシャ値 $Je1$ が実際の駆動イナーシャに一致していれば、モデルトルク $Ta1$ により実際の位置をモデル位置にほぼ一致するように動作

25 する。

また、モデルイナーシャ値 $Je1$ に誤差があった場合には、軸間位置偏

差に基づいて実際のイナーシャに一致させるように補正が行われる。例えば、上位構造物が反対側に有り、負荷アンバランスにより実際のイナーシャがモデルイナーシャ値  $Je1$  より小さい場合、加速度の変化が正の場合には正の軸間位置偏差が、加速度の変化が負の場合には負の軸間位置偏差が発生する。従って、モデル加速度  $aa1$  にハイパスフィルタをかけた値の極性を利用して軸間位置偏差補正入力を反転させることにより、常にモデルイナーシャ値を小さくする方向に、つまり実際のイナーシャに一致する方向に補正されることになる。この補正により第1軸位置と第2軸位置は一致するように制御され、軸間位置偏差が抑制される。

- 10      また制御器や機械の条件によっては、加速時には正の軸間位置偏差が、減速時に負の軸間位置偏差が発生する場合がある。このような場合にはハイパスフィルタのゲインを0などの小さい値を与えてやれば、同様に常にモデルイナーシャ値が補正され軸間位置偏差が抑制される。

15      ハイパスフィルタやP I 補正器のゲインは規範モデル制御器、位置制御部、速度制御部の応答、機械の構成に応じて決定されるが、ハイパスフィルタのゲインは条件によっては、ゲインを0とし直達項としてもよい。

20      P I 補正器 46 で、P I 補正に使用する比例ゲイン  $G_{jp}$  および積分ゲイン  $G_{ji}$  におけるゲイン切替えの例について、第12図により説明する。第12図(a)は速度指令の変化を示す図、第12図(b)は比例ゲイン  $G_{jp}$  および積分ゲイン  $G_{ji}$  の変化を示す図である。

25      軸間位置偏差は、加減速の途中や加減速開始点、終了点などに大きな値が発生するため、P I 補正ゲインについては、その近傍においてゲインを高くするなどの可変ゲインを行う。

第12図では、停止中はP I ゲインを0としておいて速度指令  $wm^*$

が入る瞬間にゲイン最大にし単調減少させてある一定期間で一定値に落ち着くようにした例を示した。このように構成することにより、補正に重要な信号が多く入ってくる期間においてより多くの補正を行うようになるため、ノイズや外乱等の影響を受けにくくなり、補正イナーシャ演算の演算精度を向上させることが可能となる。

上述の第12図では、大きな軸間位置偏差が発生する加減速の途中や加減速開始点、終了点の近傍においてゲインを高くする例を示したが、上位構造物などの動作シーケンスがあらかじめわかっている場合には、そのシーケンスに沿った時刻に応じて可変ゲインを行うことにより、同様に演算精度を向上させることが可能となる。他のゲインの可変例について、第13図、第14図により説明する。第13図(a)は速度指令の変化を示す図、第13図(b)は比例ゲイン  $G_{jp}$  および積分ゲイン  $G_{ji}$  の変化を示す図である。また、第14図(a)は速度指令の変化を示す図、第14図(b)は比例ゲイン  $G_{jp}$  および積分ゲイン  $G_{ji}$  の変化を示す図である。

第13図は加速時および減速時に軸間位置偏差が大きくなる場合におけるゲインの可変例であり、補正演算の精度向上および軸間位置偏差の抑制に有効である。

また、第14図は加減速開始点、終了点に軸間位置偏差が大きくなる場合におけるゲインの可変例であり、補正演算の精度向上および軸間位置偏差の抑制に有効である。

モデルトルク補正部32aは、上記方式に限られたものではなく、例えばPI補正器46の代わりにP制御やPID制御、位相進み補償、逐次最小自乗法に代表される統計的手法を用いる方式を使用してもよい。

また、上記では軸間位置偏差にハイパスフィルタをかけた値を用いた例を示したが、軸間位置偏差を直接用いることも可能であり、また軸間位置偏差に不感帯を設けてもよい。

- 5      実施の形態 2 に係るサーボ制御器を、2 軸駆動機械の制御に適用した場合は、軸間位置偏差の発生要因を直接しかもリアルタイムに補正を行うため、移動台の上位構造物の動作等で負荷アンバランスが変化するような場合でも軸間位置偏差の抑制ができる。

- また、上記特許文献 2 と異なりフィードフォワード側での補正である  
10      ため、ゲインを高く設定することなく安定かつ高速に軸間位置偏差の抑制を行うことができるので、剛性の高くない機械でも利用することができる。更に、P I 補正などを利用する場合には数式演算を行う必要がないため、少ない演算量で抑制効果が得られるとともに、2 軸間の距離や剛性、各部分の質量などの機械定数が正確には得られないような機械に  
15      ついても容易に適用することができる。

実施の形態 2 に係るサーボ制御器は、従来は係数器であったモデルトルク演算部分をモデルトルク補正部に変更するだけでよいため、従来のサーボ制御器から容易に置き換えることが可能である。

- 20      また、速度指令や時刻に応じて可変ゲインを行うことにより、補正イナーシャ値の演算精度をより向上させることができ、軸間位置偏差の抑制性能を向上させることができる。

- ところで、上記実施の形態 2 においては、規範モデル制御部は位置指令を基に、モデル位置、モデル速度、モデル加速度を演算する構成とし、  
25      速度制御部は位置制御部から出力された速度指令とモデル速度と自軸速

度とを基に、フィードバックのトルク指令を出力する例を示したが、モデル速度は必ずしも使用しなくてもよい。ただし、高加減速指令の用途においては、モデル速度を使用することにより、軸間位置偏差の抑制性能を向上させることができる。

5

実施の形態 3.

第 15 図により、実施の形態 3 に係るサーボ制御器の構成および処理について、第 1 軸サーボ制御器 102a を例に説明する。第 15 図において、1、34～39 は第 10 図と同様であり、その説明を省略する。

10     モデルトルク補正部 32b は、規範モデル制御部 31 から出力された第 1 軸モデル加速度  $aa1$  と第 2 軸サーボ制御器（図示せず）の規範モデル制御部から出力された第 2 軸モデル加速度  $aa2$  とから補正されたモデルトルク  $Ta1$  を出力する。

15     実施の形態 3 に係るサーボ制御器においては、互いのモデル加速度情報を交換する構成としたものである。第 15 図では、第 1 軸サーボ制御器 102a において、第 2 軸モデル加速度  $aa2$  を使用する例を示した。

20     第 16 図により、モデルトルク補正部 32b の構成および処理について説明する。

25     規範モデル制御部 31 から出力された第 1 軸モデル加速度  $aa1$  に係数器 51 で係数  $J11$  をかけた値と、第 2 軸サーボ制御器（図示せず）の規範モデル制御部から出力された第 2 軸モデル加速度  $aa2$  に係数器 52 で係数  $J12$  をかけた値とを、加算器 53 で加算して、補正されたモデルトルク  $Ta1$  を出力する。ここで、 $J11$  は係数器 51 に設定される自己イナーシャ、 $J12$  は係数器 52 に設定される干渉イナーシャであ

る。

また、第1図に示した構成の2軸駆動機械における機械のイナーシャを、第1軸イナーシャをJ1、第2軸イナーシャをJ2、移動台イナーシャをJ3、上位構造物のイナーシャをJ4、これら4つのイナーシャから得られる重心まわりの回転モーメントをJ0とし、運動方程式を立てると、自己イナーシャJ11および干渉イナーシャJ12を下式のよ

$$J_{11} = J_1 + J_3 / 4 + (1/2 - x/L)^2 \cdot J_4 + J_0 / L^2$$

$$J_{12} = J_1 + J_3 / 4 + (1/2 - x/L)^2 \cdot J_4 - J_0 / L^2$$

ここで、Lは軸間の距離、xは軸間の中心位置から上位構造物の中心位置までの距離である。

従って、第16図における係数器51のJ11および係数器52のJ12を、上式の値に設定してやることにより、上述の実施の形態2と同様に、実際の位置をモデル位置に一致させる適切なモデルトルクが得られ、第1軸位置と第2軸位置は一致する方向に制御され、軸間位置偏差が抑制される。

なお、係数器51、係数器52の設定値は移動台の負荷配分が固定である場合には定数として設定すればよいが、例えば上位構造物の位置が変化した場合など負荷配分が変動する場合には、上位のコントローラ等から設定値を変更してやればよい。例えば、上式のx（軸間の中心位置から上位構造物の中心位置までの距離）の値を受け取って演算して設定する方法や上位のコントローラにおいてイナーシャ値を演算してパラメータ値を受け取って変更する方法などが考えられる。

実施の形態3に係るサーボ制御器を、2軸駆動機械の制御に適用した



場合は、上記の動作により軸間位置偏差を抑制することができる。また、完全にフィードフォワード部分のみによる補正であるため、ゲイン設定値が誤った場合などでも不安定になることがないという利点がある。

- あらかじめ機械定数がわかっている場合や、上位コントローラなどから
- 5 情報が得られる場合には、実施の形態3に係るサーボ制御器は、実施の形態1や実施の形態2と比較してサーボ制御器側のソフトウェア負荷を軽減させることが可能となる。

- また、このサーボ制御器は、実施の形態2の場合と同様に、従来は係数器であったモデルトルク演算部分を補正フィードフォワード部に変更
- 10 するだけでよい。従来例のサーボ制御器から容易に置き換えることが可能である。

- ところで、上記実施の形態3においては、規範モデル制御部は位置指令を基に、モデル位置、モデル速度、モデル加速度を演算する構成とし、
- 15 速度制御部は位置制御部から出力された速度指令とモデル速度と速度フィードバック補正部から出力された補正速度フィードバック信号とを基に、フィードバックのトルク指令を出力する例を示したが、モデル速度は必ずしも使用しなくてもよい。ただし、高加減速指令の用途においては、モデル速度を使用することにより、軸間位置偏差の抑制性能を向上させる
- 20 ことができる。

#### 実施の形態4.

- 第17図により、実施の形態4に係る第1軸サーボ制御器の構成および処理について説明する。第17図において、1、3～9は第2図と同様であり、その説明を省略する。
- 25

モデルトルク補正部32cは、規範モデル制御部1から出力された第

1 軸モデル加速度  $aa1$ 、第 2 軸サーボ制御器（図示せず）の規範モデル制御部から出力された第 2 軸モデル加速度  $aa2$ 、自軸位置としての第 1 軸位置  $pm1$  および他軸位置としての第 2 軸位置  $pm2$  から補正されたモデルトルク  $Ta1$  を出力する。

- 5 第 18 図により、モデルトルク補正部 32c の構成および処理について説明する。第 18 図において、41～46 は第 11 図と同様であり、その説明を省略する。

P I 補正器 46 で、比例ゲイン  $G_{jp}$  および積分ゲイン  $G_{ji}$  を用いて P I 補正を行い、イナーシャ補正值  $\Delta J_{e1}$  を出力する。

- 10 減算器 54 で、自己イナーシャ  $J_{11}$  からイナーシャ補正值  $\Delta J_{e1}$  を減算し、乗算器 55 で規範モデル制御部 31（図示せず）から出力されたモデル加速度  $aa1$  に、減算器 54 で求めた値をかける。加算器 56 で、干渉イナーシャ  $J_{12}$  からイナーシャ補正值  $\Delta J_{e1}$  を減算し、乗算器 57 で第 2 軸サーボ制御器（図示せず）の規範モデル制御部から出力された第 2 軸モデル加速度  $aa2$  に、減算器 56 で求めた値をかける。ここで、自己イナーシャ  $J_{11}$  および干渉イナーシャ  $J_{12}$  は、第 16 図においてノミナルな係数設定器 51、ノミナルな係数設定器 52 に設定する数値と同じものを使用する。

- 20 加算器 58 で、乗算器 55 で求めた値と乗算器 57 で求めた値とを加算して、補正されたモデルトルク  $Ta1$  を得る。

- 実施の形態 4 に係る第 1 軸サーボ制御器におけるモデルトルク補正部 32c では、自己イナーシャ  $J_{11}$  に対しては P I 補正器 46 で得られたイナーシャ補正值  $\Delta J_{e1}$  を減算することにより補正し、また干渉イナーシャ  $J_{12}$  に対しては P I 補正器 46 で得られたイナーシャ補正值  $\Delta J_{e1}$  を加算することにより補正し、これらの補正した値を、それぞ

れモデル加速度  $a_{a1}$ ,  $a_{a2}$  と掛けた値を加算してモデルトルク  $T_{a1}$  とする。

実施の形態4に係る第1軸サーボ制御器においては、あらかじめ機械  
5 定数として得られている負荷アンバランスは、実施の形態3と同様に、  
ノミナルな係数設定器51、52で設定している自己イナーシャ  $J_{11}$ 、  
干渉イナーシャ  $J_{12}$  により補正する。ただし、機械定数がずれている  
場合に発生するアンバランス分に対しては、実施の形態2と同様にPI  
補正器46によって得られるイナーシャ補正值  $\Delta J_e1$  によって補正す  
10 る。これらのイナーシャ補正によって、軸間位置偏差が効果的に抑制さ  
れる。それでも抑制しきれなかった軸間位置偏差については、実施の形  
態1と同様に、位置フィードバック補正部3と速度フィードバック補正  
部6で抑制される。以上により、非常に大きな軸間位置偏差の抑制効果  
が得られる。

15

実施の形態4に係る第1軸サーボ制御器を、2軸駆動機械の制御に適  
用した場合、あらかじめ機械定数として得られている負荷アンバランス  
に対しては実施の形態3と同様にフィードフォワード補正し、その定数  
がずれている場合に発生するアンバランス分に対しては実施の形態2と  
20 同様に補正し、それでも抑制しきれなかった軸間位置偏差に対してはフ  
ィードバックにより実施の形態1と同様に補正するようにしたので、非  
常に大きな軸間位置偏差の抑制効果が得られる。

また実施の形態1～3の技術を併用することにより、モデルトルク補  
正部のPI補正ゲインや位置フィードバック補正部、速度フィードバッ  
ク補正部のゲインを大きく設定しなくてもよいので、安定に所望の軸間  
25 位置偏差の抑制効果が得られる。

ところで、上記実施の形態 4 に係る第 1 軸サーボ制御器においては、上述の実施の形態 1 ～ 3 に示した技術を併用した例について述べたが、用途に応じて上述の実施の形態 1 ～ 3 に示した技術の内の 2 つだけを併用してもよい。また、速度指令や時刻に応じて上述の実施の形態 1 ～ 3 に示した技術を切替えて使用するようにしてもよい。

また、上記説明においては、この発明のサーボ制御器を 2 軸駆動機械に使用する例について述べたが、適用対象は 2 軸駆動機械に限られるものではなく、3 軸以上の複数軸の場合には、例えば自軸以外の複数軸の平均位置と自軸位置との位置偏差を用いるなどして適用することができる。また、2 軸駆動機械を構成する 2 軸の同期は 1 : 1 だけに限られるものではなく、1 : N の場合には、その比を係数として掛ければ同様に適用することができる。

また、アクチュエータとしてはボールネジを使用する例について述べたが、ボールネジに限るものではない。

また、この発明のサーボ制御器を使用する機械については、直動系でなく回転系等の同期制御についても同様に適応できる。

## 20 産業上の利用可能性

以上のように、本発明のサーボ制御器は、低剛性な機械や位置検出誤差が存在するような 2 軸駆動機械に適用できるので、複数軸駆動機械の同期制御する用途に適している。

## 請 求 の 範 囲

1. 自軸位置と他軸位置とを基に、位置フィードバック信号を補正する  
5 位置フィードバック補正部と、  
前記位置フィードバック補正部から出力される補正位置フィードバック  
信号から位置制御を行い、速度指令を出力する位置制御部と、  
自軸速度と他軸速度とを基に、速度フィードバック信号を補正する速度  
フィードバック補正部と、
- 10 前記位置制御部から出力された速度指令と前記速度フィードバック補正  
部から出力された補正速度フィードバック信号とを基に、フィードバッ  
クのトルク指令を出力する速度制御部と、  
前記モデル加速度に自軸イナーシャ設定値をかけてモデルトルクを出力  
するモデルトルク演算部と、
- 15 このモデルトルクと前記フィードバックのトルク指令とを基に、トルク  
指令を演算する加算器と、を備えたサーボ制御器。
2. 位置フィードバック補正部において、前記自軸位置と前記他軸位置  
との差である軸間位置偏差にフィルタとゲインとをかけた値を使用して  
20 位置フィードバック信号を補正するようにしたことを特徴とする特許請  
求の範囲第1項に記載のサーボ制御器。
3. 位置フィードバック補正部において、前記自軸位置と前記他軸位置  
との差である軸間位置偏差にかけるゲインを可変にしたことを特徴とす  
25 る特許請求の範囲第2項に記載のサーボ制御器。

4. 速度フィードバック補正部において、前記自軸速度と前記他軸速度との差である軸間速度偏差にフィルタとゲインとをかけた値を使用して速度フィードバック信号を補正するようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のサーボ制御器。

5

5. 速度フィードバック補正部において、前記自軸速度と前記他軸速度との差である軸間速度偏差にかけるゲインを可変にしたことを特徴とする特許請求の範囲第4項に記載のサーボ制御器。

10 6. 位置指令を基に、モデル位置、モデル加速度を演算する規範モデル制御部と、

このモデル位置と自軸位置との差分から位置制御を行い、速度指令を出力する位置制御部と、

15 この位置制御部から出力された速度指令と自軸速度とを基に、フィードバックのトルク指令を出力する速度制御部と、

前記モデル加速度を前記自軸位置と他軸位置とにより補正してモデルトルクを演算するモデルトルク演算部と、

このモデルトルクと前記フィードバックのトルク指令とを基に、トルク指令を演算する加算器と、を備えたサーボ制御器。

20

7. 前記規範モデル制御部を、位置指令を基に、モデル位置、モデル速度、モデル加速度を演算するように構成するとともに、

前記速度制御部を、前記位置制御部から出力された速度指令と前記モデル速度と自軸速度とを基に、フィードバックのトルク指令を出力するよ

25 うにしたことを特徴とする特許請求の範囲第6項に記載のサーボ制御器。

8. モデルトルク補正部において、時刻または速度指令波形に応じて補正動作の開始／停止または補正ゲインの変更を行うようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第6項または第7項に記載のサーボ制御器。

5 9. モデルトルク補正部において、入力されるモデル加速度にハイパスフィルタを通した値の符号を利用して極性を反転させるようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第6項ないし第8項のいずれかに記載のサーボ制御器。

10 10. 位置指令を基に、モデル位置、モデル加速度を演算する規範モデル制御部と、

自軸位置と他軸位置とを基に、位置フィードバック信号を補正する位置フィードバック補正部と、

15 前記モデル位置と前記位置フィードバック補正部から出力される補正位置フィードバック信号との差分から位置制御を行い、速度指令を出力する位置制御部と、

自軸速度と他軸速度とを基に、速度フィードバック信号を補正する速度フィードバック補正部と、

20 前記位置制御部から出力された速度指令と前記速度フィードバック補正部から出力された補正速度フィードバック信号とを基に、フィードバックのトルク指令を出力する速度制御部と、

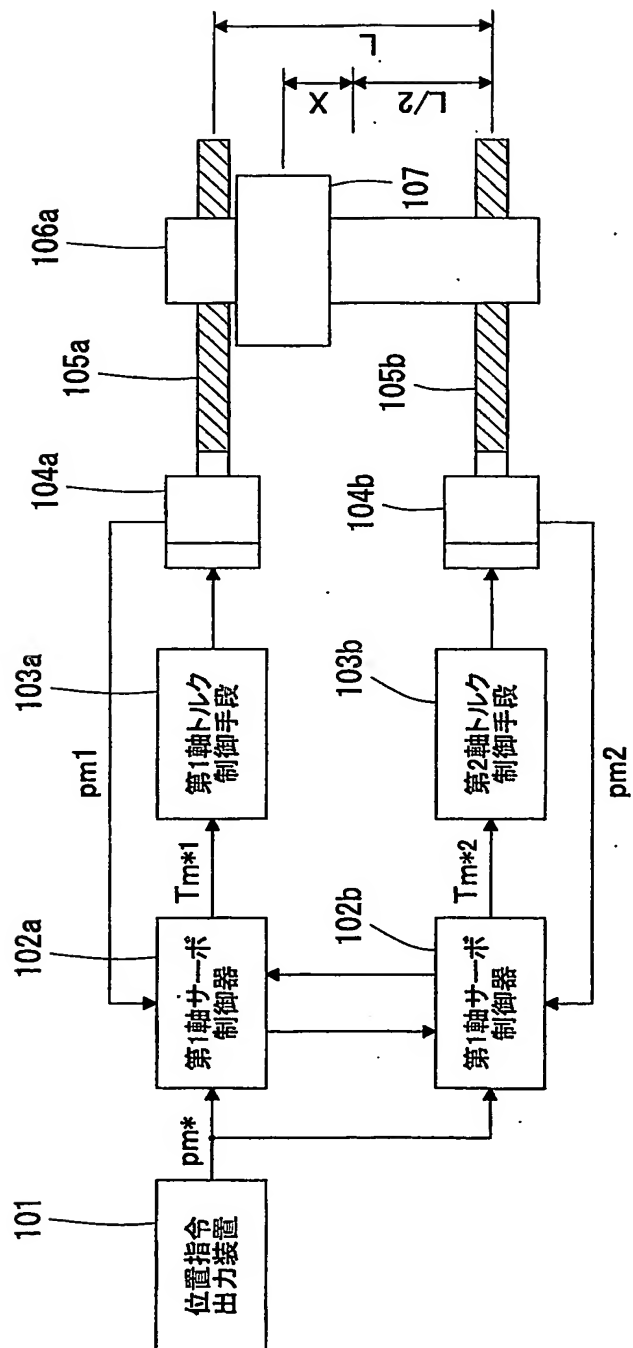
前記モデル加速度を、他軸モデル加速度ならびに前記自軸位置と前記他軸位置とにより補正してモデルトルクを演算するモデルトルク演算部と、このモデルトルクと前記フィードバックのトルク指令とを基に、トルク

25 指令を演算する加算器と、を備えたサーボ制御器。

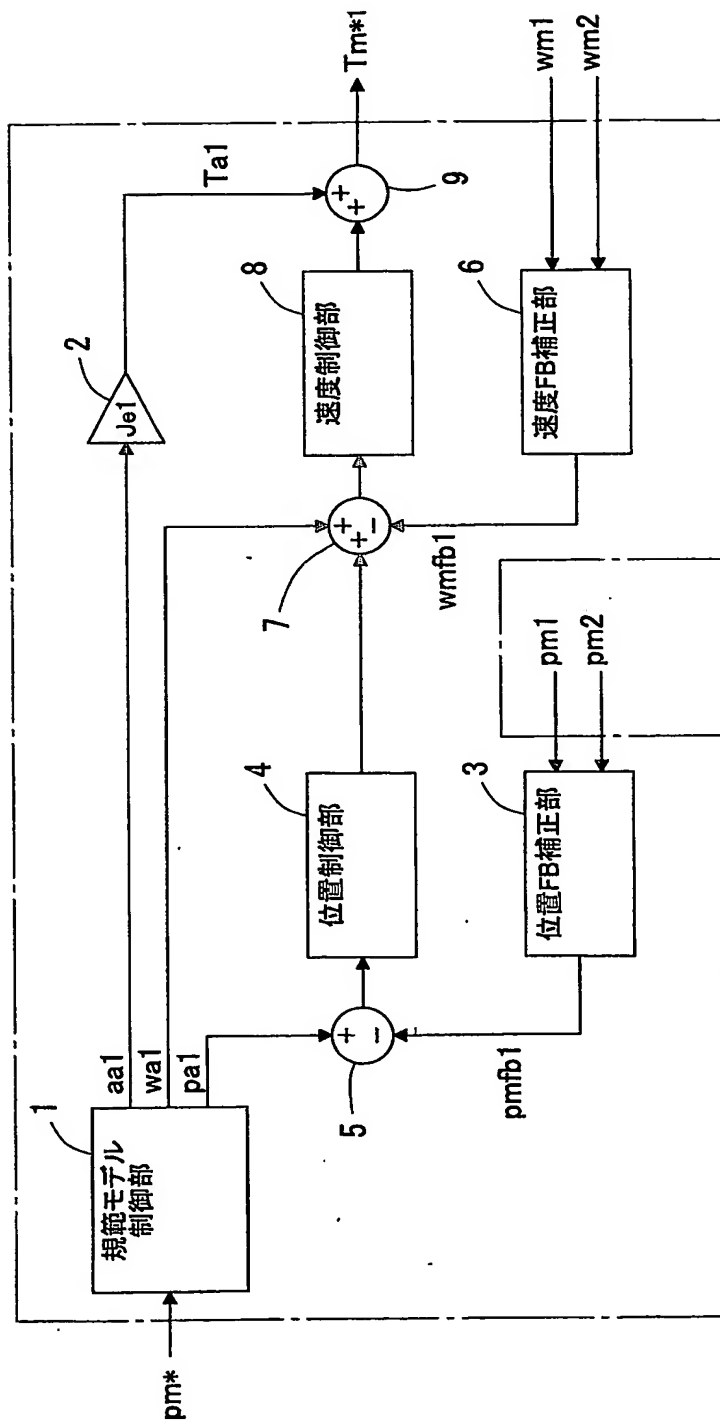
11. 前記規範モデル制御部を、位置指令を基に、モデル位置、モデル速度、モデル加速度を演算するように構成するとともに、  
前記速度制御部を、前記位置制御部から出力された速度指令と前記モデル速度と前記速度フィードバック補正部から出力された補正速度フィードバック信号とを基に、フィードバックのトルク指令を出力するようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第10項に記載のサーボ制御器。
- 5



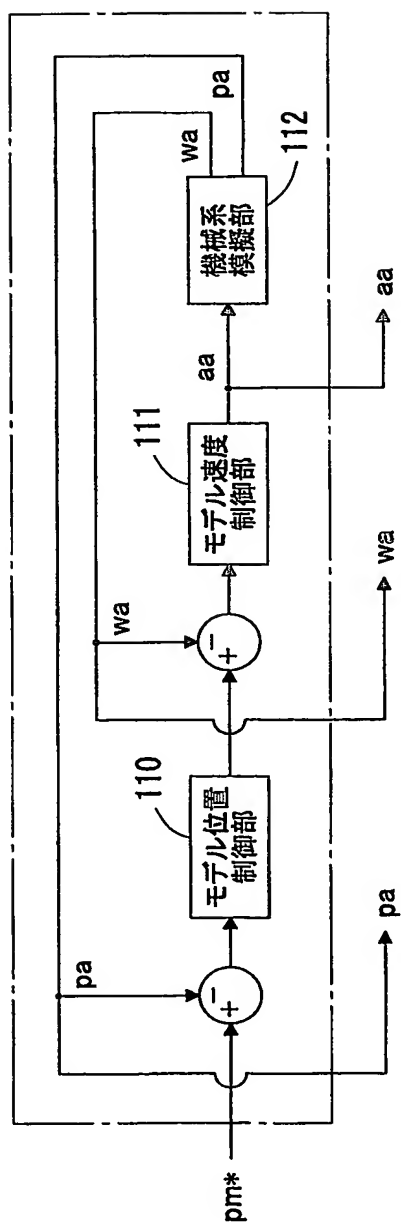
第1図



第2図

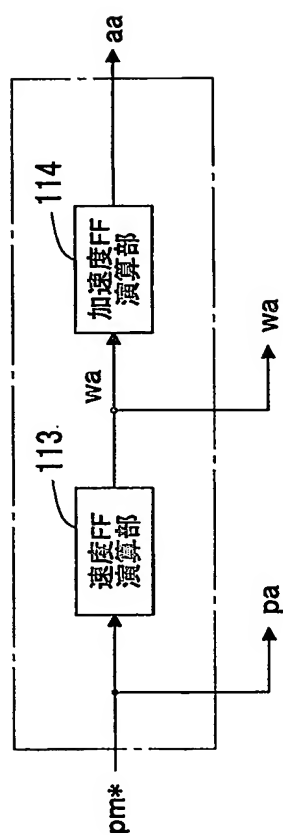


第3図



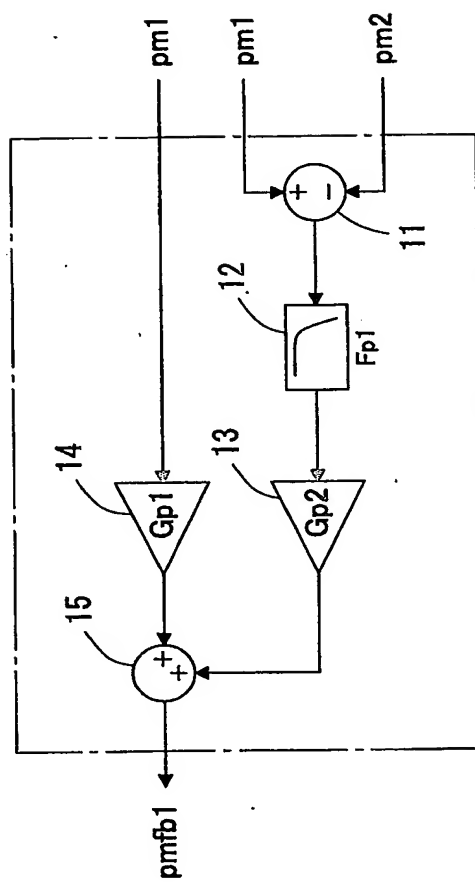
4/18

第4図



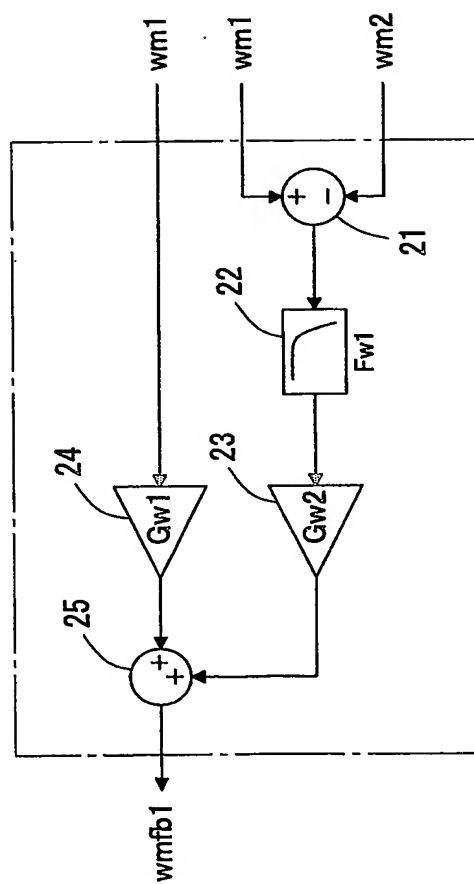
5/18

第5図



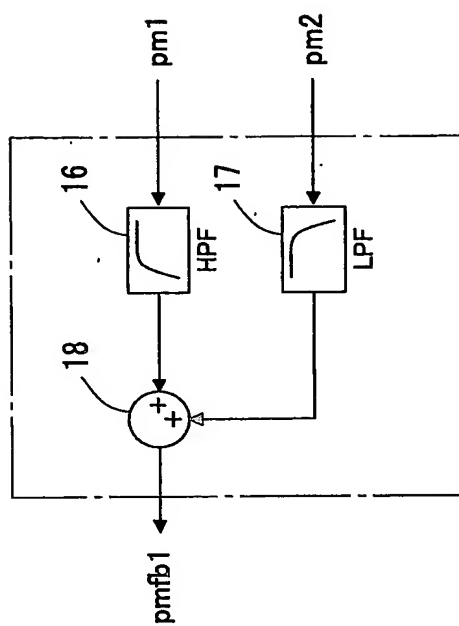
6/18

第6図



7/18

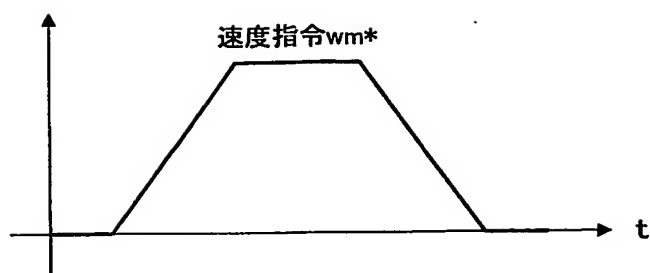
第7図



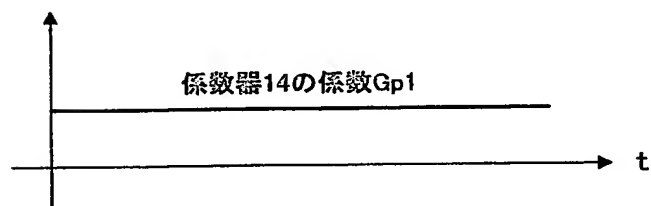
8/18

第8図

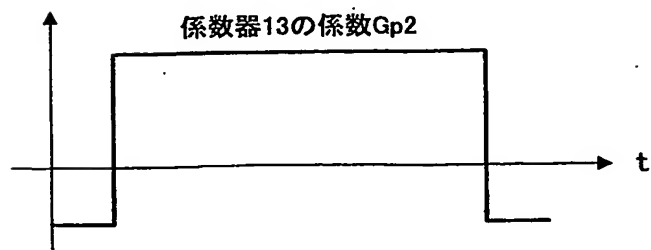
(a)



(b)



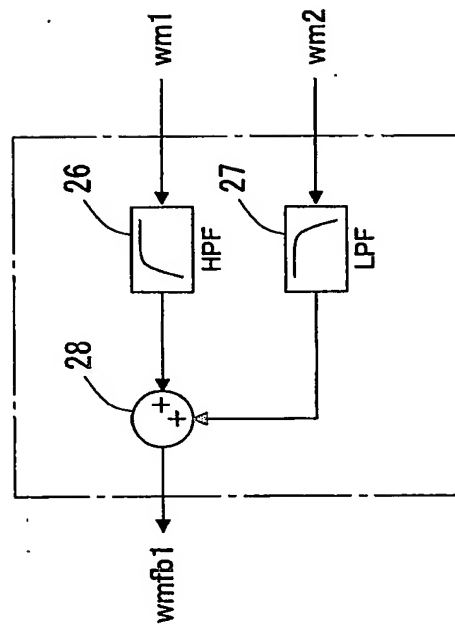
(c)





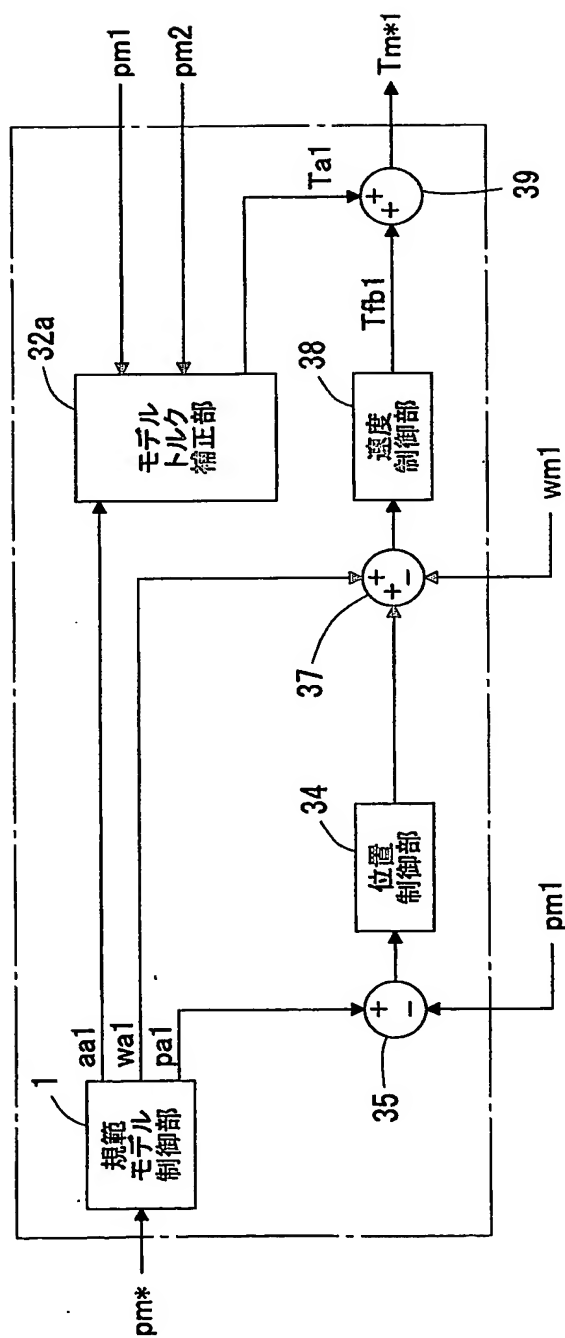
9/18

第9図



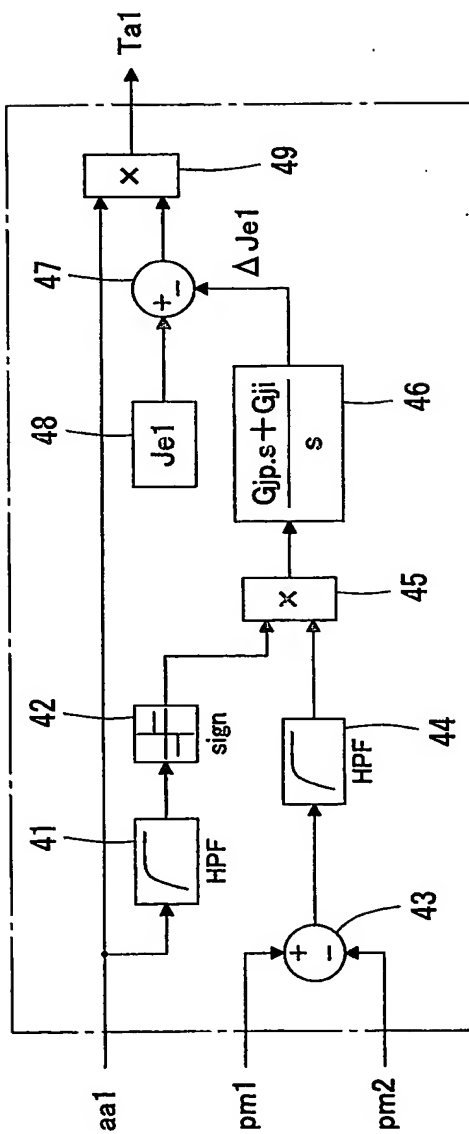
10/18

第10図



11/18

第11図



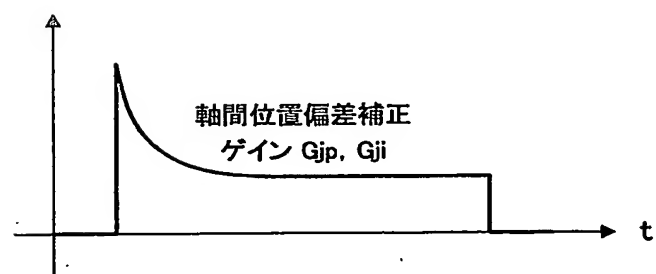
12/18

第12図

(a)

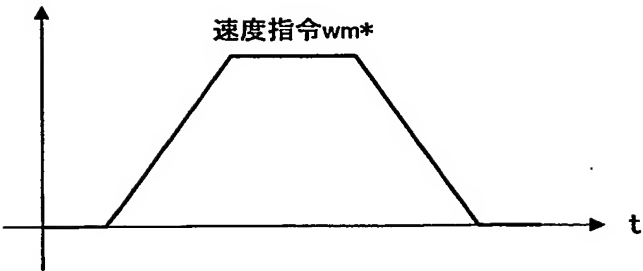


(b)

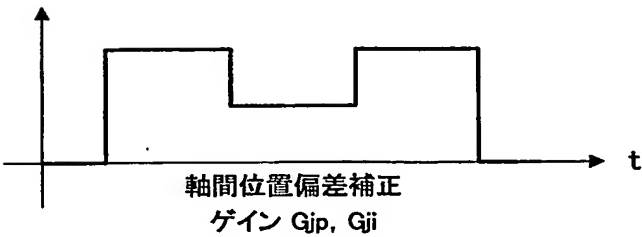


第13図

(a)



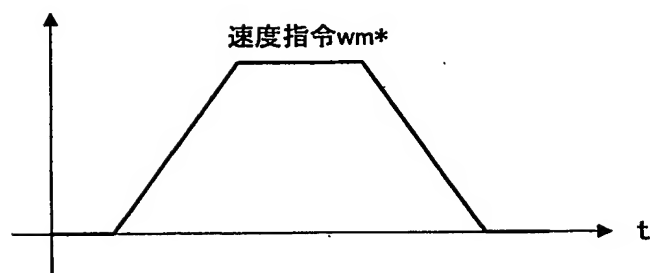
(b)



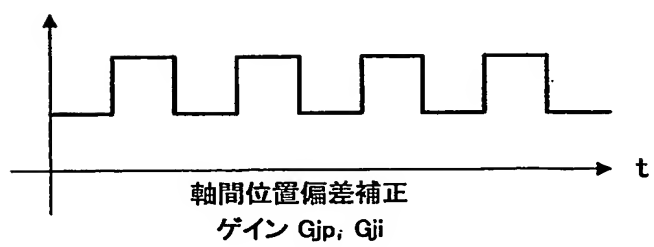
14/18

第14図

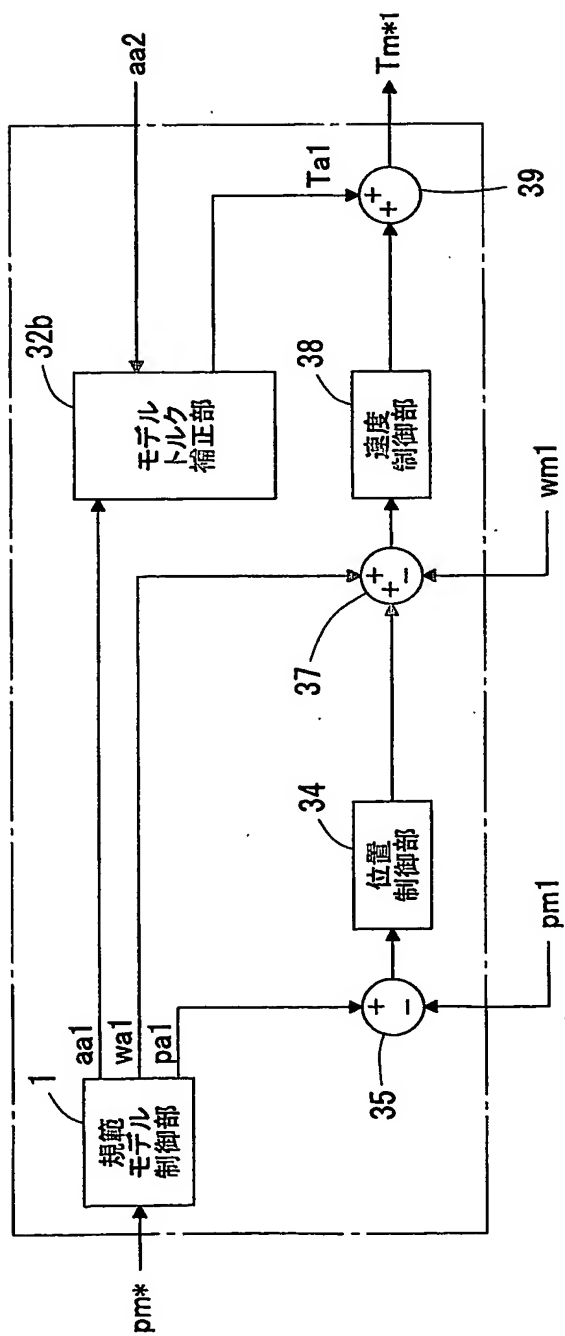
(a)



(b)

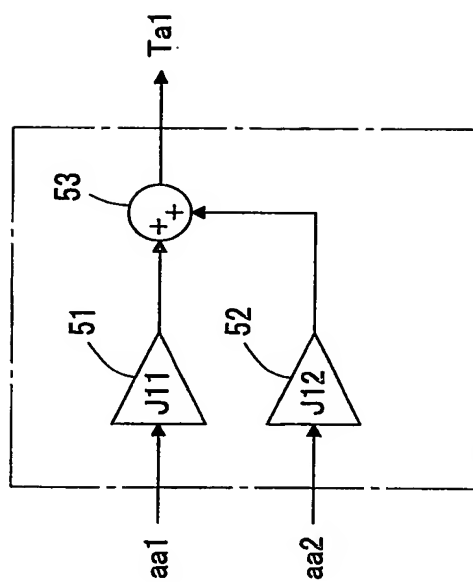


第15図



16/18

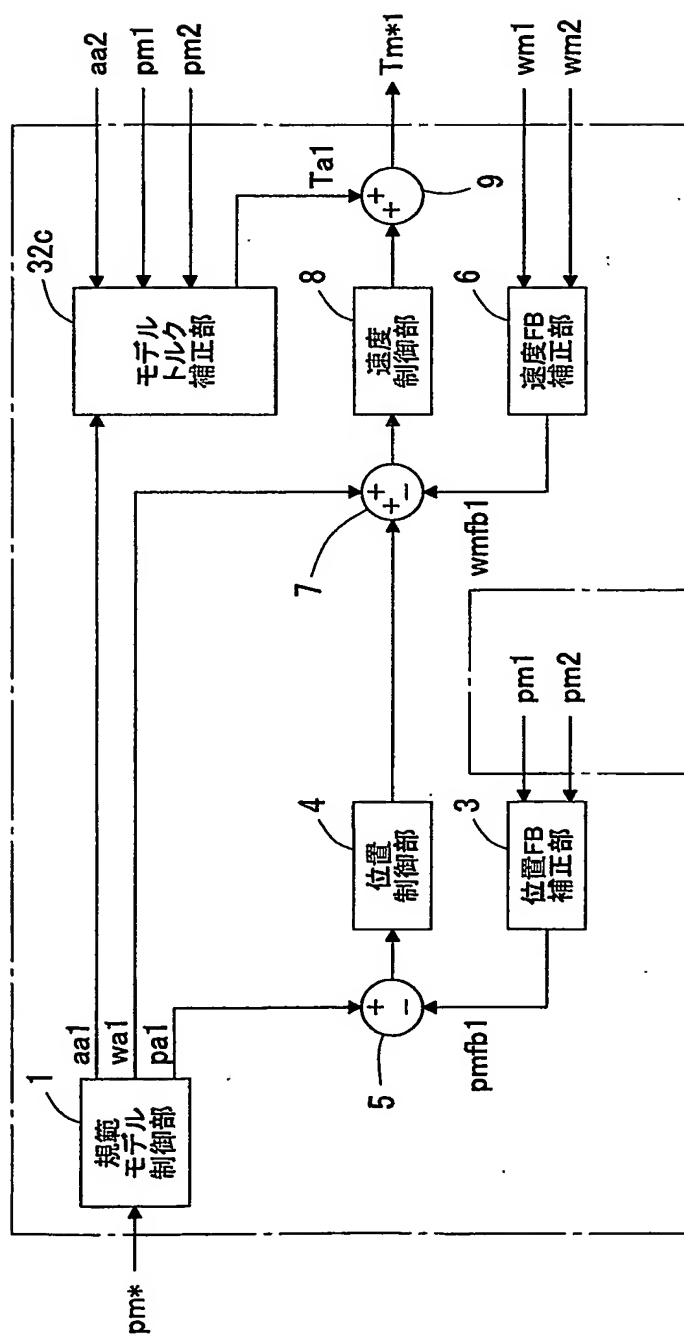
第16図



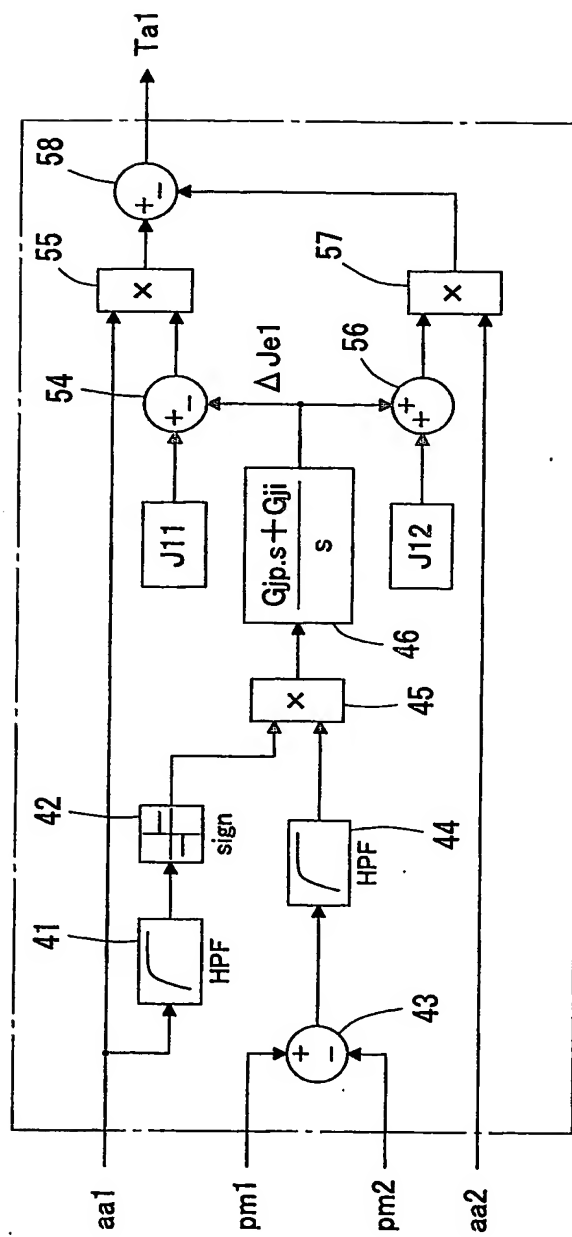


17/18

第17図



第18図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04642

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G05D3/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G05D3/00-20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-30578 A (Mitsubishi Electric Corp.), 04 February, 1994 (04.02.94), & GB 2267361 A & DE 4318923 A & US 5428285 A1	1-11
Y	JP 2000-69781 A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 03 March, 2000 (03.03.00), & EP 982980 A2	1-11
Y	JP 53-65916 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 12 June, 1978 (12.06.78), (Family: none)	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 09 July, 2003 (09.07.03)	Date of mailing of the international search report 22 July, 2003 (22.07.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04642

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 3-218503 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 September, 1991 (26.09.91), (Family: none)	1-11
A	JP 2001-100819 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 April, 2001 (13.04.01), (Family: none)	1-11
A	JP 2001-22448 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 26 January, 2001 (26.01.01), (Family: none)	1-11
A	JP 62-226206 A (Toshiba Machine Co., Ltd.), 05 October, 1987 (05.10.87), (Family: none)	1-11
A	JP 9-244747 A (Toshiba Machine Co., Ltd.), 19 September, 1997 (19.09.97), (Family: none)	1-11

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G05D 3/12

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G05D 3/00-20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 6-30578 A (三菱電機株式会社) 1994. 02. 04 & GB 2267361 A & DE 4318923 A & US 5428285 A1	1-11
Y	JP 2000-69781 A (ヤマハ発動機株式会社) 2000. 03. 03 & EP 982980 A2	1-11
Y	JP 53-65916 A (東京芝浦電気株式会社) 1978. 06. 12 (ファミリーなし)	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09. 07. 03

国際調査報告の発送日

22.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤本 信男

3H

8308

電話番号 03-3581-1101 内線 3314

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 3-218503 A (松下電器産業株式会社) 1991. 09. 26 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2001-100819 A (三菱電機株式会社) 2001. 04. 13 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2001-22448 A (住友重機械工業株式会社) 2001. 01. 26 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 62-226206 A (東芝機械株式会社) 1987. 10. 05 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 9-244747 A (東芝機械株式会社) 1997. 09. 19 (ファミリーなし)	1-11